

## ⑫ 特 許 公 報 (B 2)

平4-54373

⑬ Int. Cl.

H 01 L 21/302

識別記号

B

庁内整理番号

7353-4M

⑭ 公告 平成4年(1992)8月31日

発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 ドライエツチング方法

⑯ 特 願 昭57-68636

⑰ 公 開 昭58-186937

⑱ 出 願 昭57(1982)4月26日

⑲ 昭58(1983)11月1日

⑳ 発 明 者 田 地 新 一 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 発 明 者 徳 山 義 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉒ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉓ 代 理 人 弁理士 薄田 利幸 外1名

㉔ 審 査 官 永 田 雅 博

㉕ 参 考 文 献 特開 昭49-83764 (JP, A) 特開 昭52-141443 (JP, A)

1

## ㉖ 特許請求の範囲

1 ガス雰囲気中に高周波電力を供給することによって生起される高周波放電プラズマ中において生成されるイオンを被エツチング材中に入射させることにより該被エツチング材をエツチング処理する方法において、上記エツチング処理の途中において上記ガス雰囲気中に供給する高周波電力の周波数を時間的に変化させることを特徴とするドライエツチング方法。

2 上記ガス雰囲気中に供給する高周波電力の周波数の変化は、上記被エツチング材中に入射するイオンのイオン種間比率を変化させる如き周波数変化であることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のドライエツチング方法。

3 上記ガス雰囲気中に供給する高周波電力の周波数の変化は、上記被エツチング材中に入射するイオンのイオン種間比率とエネルギーとを変化させる如き周波数変化であることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のドライエツチング方法。

## 発明の詳細な説明

本発明は、ドライエツチング方法に関する。さらに詳しくは、高速エツチングと選択性エツチングに好適なイオン比とエネルギーを可変したエツ

2

チング方法に関する。

従来のドライエツチング装置には、100kHz位の低周波平行平板型プラズマエツチング装置、13.56MHzの高周波平行平板型プラズマエツチング装置、円筒型プラズマエツチング装置、さらに、2.45GHzのマイクロ波プラズマエツチング装置、また、イオン源とエツチング室とを分離したイオンビームエツチング装置などがある。さらに、平行平板型装置では、ウェハを置く台に高周波を印加するカソードカップル型と対向電極から高周波電力を供給するアノードカップル型がある。そして、高周波放電平行平板型カソードカップル方式エツチング装置は通常反応性イオンエツチング装置とも呼ばれ、もつとも使用されている。

従来、以上のようなドライエツチング装置では、通常、単一の周波数（例えば、13.56MHz）で放電を行ない、エツチングする方式が用いられていた。しかし、放電周波数が一定である場合には、プラズマ中のイオン種間に比率が、入力等を変化させても変らないことが知られている。

したがって、入力小さい場合、堆積をおこし易いイオンの比率が多くなり、その結果、エツチング速度が低下し、さらには、エツチングがおこ

らなくなることがある。従来、この対策としては選択性を向上させるため、添加ガスを導入することが必要であつた。

本発明の目的は、以上の点に鑑み、放電周波数を時間的に変化させる放電方式により、基板に入射するイオン種間の比率を変化させ、エッチング速度が大きく、かつ、選択性に優れたドライエッチング方式を提供することにある。

プラズマ中に発生したイオンの中には、エッチングに有効なイオンとエッチングをおさえるイオンが存在することを本発明者らは新たに見出した。また、その効果が入射するイオンの有するエネルギーによることも明らかとなつた。これらの結果から、本発明はイオン比とエネルギーとを変化させることにより、エッチング特性を自在に制御することを可能とし、従来のドライエッチング法に比べて性能面で格段の改良をはかつたものである。

例えば、 $CF_4$ ガスを放電すると、プラズマ中に5種類のイオンが発生する。第1図は、 $CF_4$ プラズマ中の5種類のイオンについて、Siエッチング率の入射イオンエネルギー依存性を示したものである。図aは $CF_n^+(n=0\sim 4)$ の場合、図bは $F^+$ の場合を示す。また、図の縦軸はSiエッチング率をあらわし、負の値(YIELD)は基板表面への物質堆積(Deposition)の割合を、正の値はエッチング(Etching)の割合を示す。同図から、イオンによる堆積のしやすさは、Fから $CF_3$ 、 $CF_2$ 、 $CF$ 、Cとなるにつれて大きくなり、例えば、0.5keVのイオンエネルギーでは、 $F^+$ 、 $CF_3^+$ 、 $CF_2^+$ はSiをエッチングし、逆に、 $CF^+$ 、 $C^+$ は表面への物質堆積がおこる。さらに、同図からわかるように、そのイオンエネルギーで、堆積するイオンとエッチングするイオンとその割合が大きく変る。したがつて、従来の装置のように、ある一定のエネルギー(100~600eV)の各イオンが入射する場合、堆積のエッチングとが一定の割合で競合し、全体としてのエッチング速度が決まってくるということがわかる。

放電周波数による入射イオン種の組成比率の変化は、ガスをイオン化する電子のエネルギーと密度によると考えられる。第2図は、100kHz、13.56MHz、2.45GHzで、 $CF_4$ 放電した時に得られたイオン組成比率を示す表図である。周波数が高

くなると $CF_3^+$ の比率が増加するのに対して、 $CF^+$ が減少する。すなわち、高い周波数でエッチングをすると $CF_3^+$ が多いことからSiのエッチング速度が大きく、逆に100kHzになると $CF^+$ が増えるのでエッチング速度は小さくなる。これに対して、 $SiO_2$ やホトレジストでは、イオン分子中のCが材料中の酸素と結合してCOや $CO_2$ となり、蒸発することから、同じエネルギーのイオンを入射する場合、両者のエッチング速度に大きな変化がない。したがつて、Siと $SiO_2$ 、Siとホトレジストとのエッチング速度比を、放電周波数により変化させうることになる。さらに実際には、放電周波数により入射イオンのエネルギーも変化する。例えば、2.45GHzのマイクロ波プラズマエッチングでは10~20eVであるし、13.56MHzの反応性イオンエッチングでは100~400eV、そして、100kHzのエッチングでは400~2000eVである。 $SiO_2$ やホトレジストは、入射イオンエネルギーが小さく、200eV程度では、エッチングされにくい。とくに、マイクロ波プラズマエッチングでは、 $SiO_2$ がエッチングされなくなる。したがつて、放電周波数を小さくすると、イオン組成比率では $CF^+$ が増え、エネルギーが大きくなるように変化し、Siのエッチング速度が $SiO_2$ 、ホトレジストに対して小さくなる。また、逆に周波数を高くすると、Siの方が速くエッチングされるようになる。

以下に本発明を実施例により詳細に説明する。

#### 実施例 1

第3図は本実施例におけるガスプラズマ発生用に印加した電圧の周波数の時間的变化を示したものである。すなわち、本実施例においては、周波数を時分割して、13.56MHzと300kHzを周期的に変化させてエッチングを行なつた。その結果、Siのエッチング速度は、単一周波数の場合の約3~5倍速くなつた。また、Siと $SiO_2$ の選択比は、Si/ $SiO_2$ は約10で、Siとホトレジストの選択比、Si/ホトレジストは3~5程度であつた。ここで、周期と周波数を変え、エッチング速度と選択性が変化する。したがつて、本実施例の方法は、高速エッチングと選択エッチングに有効な方法である。

#### 実施例 2

第4図は本実施例における放電周波数(実線)

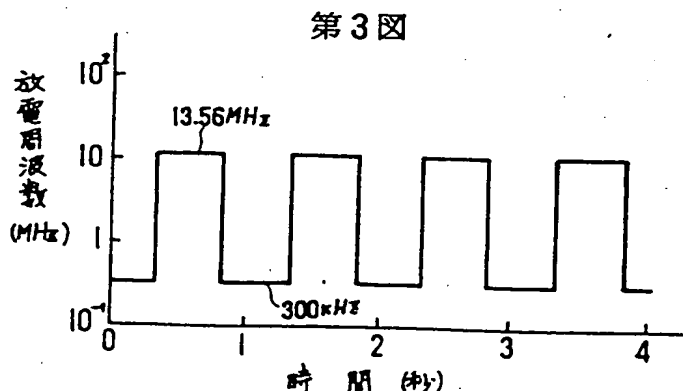
とそれに伴うイオンエネルギー（破線）の変化を示す図である。図示のように、放電周波数を非周期的に変化させて、13.56MHzの放電から100kHzの放電に短時間変え、イオンのエネルギーが、典型的には200eVから1000eVへと変化し、イオンのスパッタリング効果が増え、エッチング残渣を取り除く。また、イオンエネルギーが大きくなることから、イオンが基板に対して垂直に入射し、マスク通りの精度のよい加工に適することになる。さらに、この間にエッチング速度が速くなることから、13.56MHzだけのエッチングより深いエッチングを行なうことができる。

つぎに、放電周波数を第5図に示すように非周期的に変化させ、SiO<sub>2</sub>のエッチングを行なった。その結果、初期にはイオンエネルギーが大きく、エッチング速度は1000Å/min、後半ではエッチング速度は100Å/minとなり、本実施例の方法は、エッチング初期は高速で、エッチング後半は低速でエッチングする場合に有効である。

非周期的と周期的な放電周波数の変化を組み合せれば、加工精度、選択性の良好なエッチングができる。

### 実施例 3

本発明は第6図に示すような振幅変調波を用いても実現することができる。第6図は300kHzの波に13.56MHzの高周波を重ねて時間的に変化した波を示す。プラズマには、両周波数の効果が生じる。そのイオン同志の組成比は時間的に周波



数を変化させることによつても達成することができる。

以上説明したところから、本発明によれば以下のような効果がある。

例えば、放電周波数を低周波か高周波に連続的に変化させると、エッチングに關与するイオンのエネルギーは連続的に1000eV程度から100eV程度まで変化することになる。エッチング形状はイオンのエネルギーが高い程、マスク通りにエッチングされることから、初めにイオンのエッチング効果を大きくした方が、加工精度の向上に有効である。これと逆に、高周波から低周波に連続的に変え、最初にマスク下のエッチングが生じ、つぎに、マスク通りの形状にエッチングされ、後工程での膜形成時に段差部をおおいやすくなる効果がある。

なお、本発明は、周波数可変の入力が必要である。電源と装置を自動的に整合する回路については、ある周波数に整合しておき、別の周波数に整合をとらない方法も可能である。また、違う周波数の電源を複数個以上使うことによつても実現することができる。

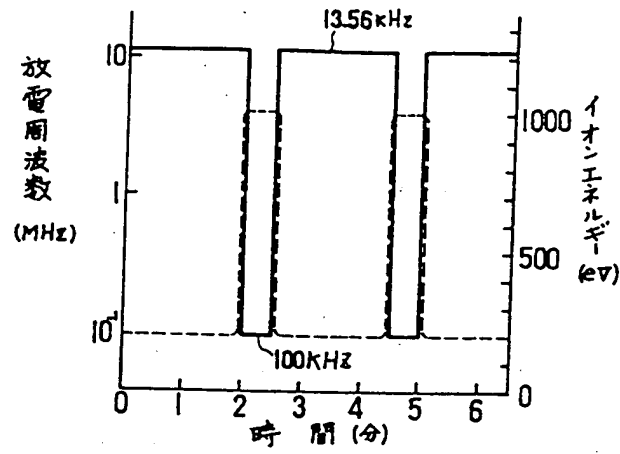
### 図面の簡単な説明

第1図はCF<sub>n</sub><sup>+</sup> (n = 0 ~ 4) (図a) とF<sup>+</sup> (図b) のSiエッチング率の入射イオンエネルギー依存性を示す図、第2図は放電周波数を変えた時のCF<sub>4</sub>のイオン組成比率を示す表図、第3図～第6図は電源入力周波数の時間変化を示す図である。

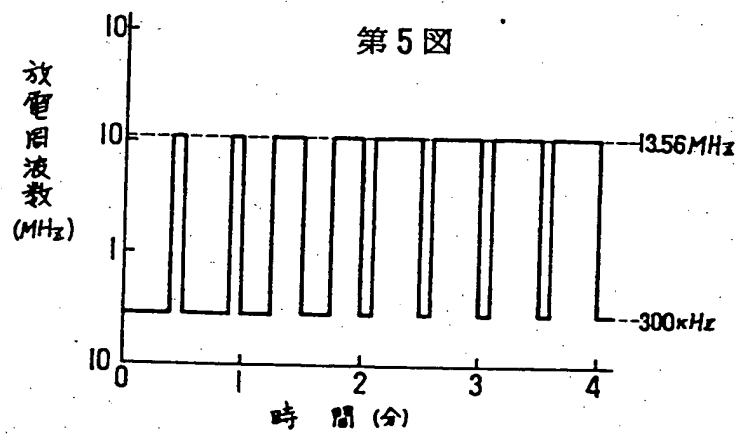
第2図

周波数 イオン種	100kHz	13.56MHz	2.45GHz
CF <sub>3</sub> <sup>+</sup>	49%	68%	80%
CF <sub>2</sub> <sup>+</sup>	20%	10%	5%
CF <sup>+</sup>	20%	8%	5%
C <sup>+</sup>	6%	8%	3%
F <sup>+</sup>	5%	6%	7%

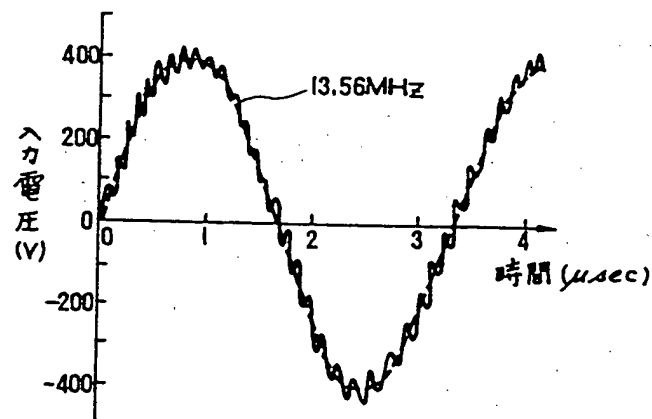
第4図



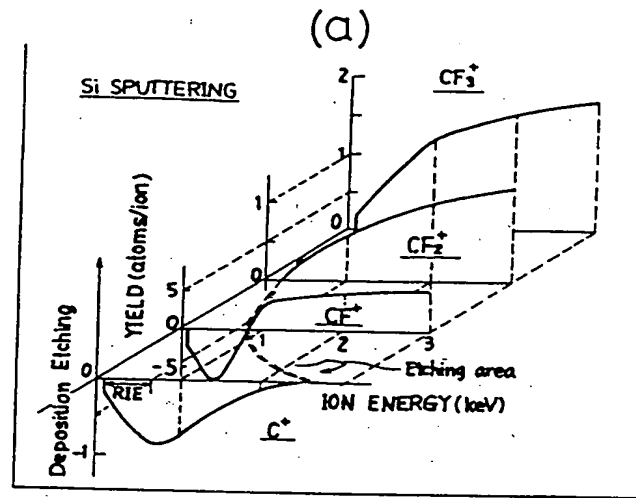
第5図



第6図



第1図



(b)

